



Die Erfindung betrifft eine Einrichtung und ein Verfahren zur Verarbeitung eines über zeitvariante Pfade einer Luftschnittstelle übertragenen digitalen Datensignals in einem Mobilfunkempfänger gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 9.

Im Mobilfunk unterliegen Funksignale der Mehrwege-Ausbreitung, d. h. durch Reflexion, Streuung und Beugung des gesendeten Funksignals an diversen Hindernissen im Ausbreitungsweg treten am Empfänger mehrere Signal-Empfangsversionen auf, die zeitlich zueinander verschoben und unterschiedlich abgeschwächt sind. Das Funktionsprinzip eines RAKE-Empfängers beruht darauf, mehrere dieser Empfangssignal-Versionen (Pfade) getrennt auszuwerten und dann zeitrichtig zu überlagern. Die Bezeichnung RAKE ("Harke") beschreibt dabei in bildhafter Weise die Struktur eines solchen Empfängers, wobei die "Zinken" der Harke die RAKE-Finger repräsentieren und der "Stiel" der Harke das ausgangsseitig bereitgestellte, überlagerte Empfangssignal darstellt.

Mit RAKE-Empfängern lassen sich ausgezeichnete Detektionsergebnisse erzielen. Nachteilig für den Mobilfunk ist jedoch ihr hoher Stromverbrauch, der auf die parallele Struktur der RAKE-Finger und den dadurch vertiefachten Signalverarbeitungsaufwand zurückzuführen ist.

In dem den nächstliegenden Stand der Technik repräsentierenden Buch "Nachrichtenübertragung", K. D. Kammeyer, B. G. Teubner, Stuttgart, 1996, 2. Auflage, sind auf den Seiten 658-684 verschiedene RAKE-Empfänger beschrieben. Dort ist erwähnt, daß in dem RAKE-Empfänger eine gewichtete Pfadsummation günstig ist, sofern sich die Gesamtenergiefangungsenergie ungleichmäßig über die detektierten Pfade (d. h. die Finger des RAKE-Empfängers) verteilt. Dadurch kann zwar das Rauschen, nicht jedoch die Leistungsaufnahme des RAKE-Empfängers, verringert werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Signalverarbeitungseinrichtung für einen Mobilfunkempfänger zu schaffen, die mit einem RAKE-Empfängerabschnitt ausgerüstet ist, welcher eine möglichst geringe Leistungsaufnahme hat. Ferner zielt die Erfindung darauf ab, ein Verfahren zur Signalverarbeitung in einem einen RAKE-Empfängerabschnitt umfassenden Mobilfunkempfänger anzugeben, welches einen leistungsaufnahmearmen Betrieb des RAKE-Empfängerabschnitts ermöglicht.

Die Aufgabenstellung wird durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 9 gelöst.

Durch die selektive Verminderung des Leistungsverbrauchs in einem oder mehreren RAKE-Fingern unter Berücksichtigung der einen oder mehreren geschätzten Pfad-Bewertungsgrößen wird ein RAKE-Empfängerabschnitt mit adaptiver Leistungsaufnahme geschaffen. Mit anderen Worten kann der Leistungsbedarf des RAKE-Empfängerabschnitts an den momentanen Zustand des Mobilfunkkanals angepaßt und dadurch minimiert werden. Bei Auftreten eines einzigen oder weniger dominanter Pfade ermöglicht die Erfindung die Verminderung der Leistungsaufnahme von "ineffizienten" RAKE-Fingern, wodurch sich das Gesamt-Detektionsergebnis zwar geringfügig verschlechtern kann, der Stromverbrauch sich jedoch in erheblichem Maße reduzieren läßt.

Die Verminderung des Leistungsverbrauchs in einem RAKE-Finger kann vorzugsweise durch eine Reduzierung seiner Taktrate oder durch eine vollständige Abschaltung des Fingers erzielt werden.

Eine erste bevorzugte Ausführungsform der Erfindung kennzeichnet sich dadurch, daß die von der RAKE-Finger-Auswahl- und -Leistungsverbrauch-Verminderungseinrichtung zu treffende Entscheidung, ob ein bestimmter RAKE-Finger ausgewählt wird oder nicht, unter alleiniger Berücksichtigung der diesem Finger zugeordneten Pfad-Bewertungsgröße oder -größen getroffen wird. Beispielsweise kann in diesem Fall eine geschätzte Pfadenergie als Bewertungsgröße des Pfades herangezogen werden und der entsprechende RAKE-Finger mit reduzierter Taktrate betrieben oder abgeschaltet werden, sobald die geschätzte Pfadenergie des diesem RAKE-Finger zugeordneten Pfades kleiner als ein vorgegebener Schwellenwert ist. Auf diese Weise werden für die Datenverarbeitung im RAKE-Empfängerabschnitt ausschließlich Signalkomponenten mit ausreichend hoher Energie verwendet.

Eine zweite Ausführungsform der Erfindung kennzeichnet sich dadurch, daß die von der RAKE-Finger-Auswahl- und -Leistungsverbrauch-Verminderungseinrichtung zu treffende Entscheidung, ob ein bestimmter RAKE-Finger abzuschalten ist oder nicht, unter Berücksichtigung der diesem Finger und weiteren Fingern zugeordneten Pfad-Bewertungsgröße oder -größen getroffen wird. Durch die Mitberücksichtigung von Pfad-Bewertungsgrößen der weiteren Finger kann bei dieser Ausführungsform (im Gegensatz zur ersten Ausführungsform) die Leistungsaufnahmeverminderung des bestimmten RAKE-Fingers anhand eines Relativ-Kriteriums entschieden werden.

Bei einer ersten zweckmäßigen Variante der zweiten Ausführungsform schaltet die RAKE-Finger-Auswahl- und -Leistungsverbrauch-Verminderungseinrichtung einen RAKE-Finger ab, wenn die geschätzte Pfadenergie des diesem RAKE-Finger zugeordneten Pfades kleiner ist als ein Schwellenwert, der eine Funktion des Mittelwertes der geschätzten Pfadenergien und der Varianz der geschätzten Pfadenergien ist.

Anstelle und/oder zusätzlich zu einem (relativen) Energie-Kriterium kann ein (relatives) Verzögerungszeit-Kriterium für die Frage der Auswahl des bestimmten RAKE-Fingers herangezogen werden. Demzufolge wählt die RAKE-Finger-Auswahl- und -Leistungsverbrauch-Verminderungseinrichtung einen RAKE-Finger aus, wenn die geschätzte Pfad-Verzögerungszeit des diesem RAKE-Finger zugeordneten Pfades innerhalb eines die Pfad-Verzögerungszeit desjenigen der bewerteten Pfade mit der größten geschätzten Pfadenergie enthaltenden Zeitintervalls liegt, wobei die Intervallgrenzen des Zeitintervalls abhängig von der zeitlichen Verteilung der geschätzten Pfad-Verzögerungszeiten sind.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von zwei Ausführungsformen sowie Varianten der zweiten Ausführungsform unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert; in dieser zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Luftschnittstelle eines Mobilfunksystems mit einer Mobilstation und einer Basisstation;

Fig. 2 ein Blockschaltbild eines Basisbandabschnitts eines CDMA-Mobilfunkempfängers;

Fig. 3 ein Diagramm, in dem die geschätzte Pfadenergie über der Pfadnummer aufgetragen ist, zur Erläuterung einer ersten Ausführungsvariante der zweiten Ausführungsform der Erfindung; und

Fig. 4 ein Diagramm, in dem das Verzögerungs-Leistungsspektrum über der Pfad-Verzögerungszeit aufgetragen ist,

zur Erläuterung einer zweiten Ausführungsvariante der zweiten Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung die Luftschnittstelle eines zellularen Mobilfunksystems. Eine einem bestimmten Teilnehmer zugeordnete Mobilstation MS steht mit einer Basisstation BS in Funkverbindung. Die Funkverbindung unterliegt sowohl in der Aufwärtsstrecke (von MS zu BS) als auch in der Abwärtsstrecke (von BS zu MS) der Mehrwegeausbreitung, d. h. ein von einem Sender ausgesendetes Funksignal kann den Empfänger auf unterschiedlichen Übertragungswegen oder Pfaden P1, P2, ... der Luftschnittstelle (hier dargestellt für die Abwärtsstrecke) erreichen. Aufgrund von Reflexion, Streuung und Beugungen weisen die einzelnen Pfade P1, P2, ... ein unterschiedliches Übertragungsverhalten auf und können als unabhängige Übertragungskanäle betrachtet werden. Insbesondere weisen diese Übertragungskanäle (Pfade) unterschiedliche Funksignal-Laufzeiten auf. Dies hat zur Folge, daß die über die Pfade P1 und P2 übertragenen Empfangssignal-Versionen phasenverschoben, mit unterschiedlichen Energien (im folgenden als Pfadenergien bezeichnet) und zeitlich versetzt (die zeitliche Verzögerung bezogen auf eine gemeinsame Zeitbasis wird im folgenden als Pfad-Verzögerungszeit bezeichnet) an dem Mobilfunkempfänger MS eintreffen.

Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild eines Basisbandabschnittes einer Empfangsschaltung, die in einer Mobilstation MS realisiert ist. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf einen CDMA-(code division multiple access-)Empfänger, die erfindungsgemäße Einrichtung kann jedoch auch in einem Empfänger verwirklicht sein, der ein anderes Vielfachzugriffsverfahren zur Teilnehmerseparierung einsetzt.

Am Eingang des Basisbandabschnittes steht eine analoge Inphasal(I)-Signalkomponente und eine analoge Quadratur(Q)-Signalkomponente eines empfangenen Datensignals bereit. Die analogen I- und Q-Signalkomponenten werden in üblicher Weise (nicht dargestellt) durch Heruntermischen des empfangenen analogen Antennensignals mit um 90° zweinander phasenverschobenen, frequenzidentischen Trägerfrequenzen erzeugt.

Die analogen I- und Q-Signalkomponenten durchlaufen jeweils ein analoges Tiefpassfilter aTP und werden anschließend in Analog-Digital-Umsetzern ADC digitalisiert. Die Digitalisierung erfolgt mit einer ausreichend hohen Abtastrate, bei einem CDMA-codierten Datensignal z. B. mit der 8-fachen Chiprate  $8/T_C$ . Mit  $T_C$  ist die Zeitdauer eines CDMA-Codetelements (sogenannter Chip) bezeichnet. Bei UMTS-(universal mobile telecommunication system-)Mobilfunksystemen beträgt  $T_C$  etwa 0,24 µs.

Die von den Analog-Digital-Umsetzern ADC ausgegebenen I- bzw. Q-Digitalsignale werden digitalen Tiefpassfiltern dTP zugeleitet. Bei den digitalen Tiefpassfiltern dTP kann es sich beispielsweise um RRC(root raised cosine)-Tiefpassfilter handeln.

In den Signalwegen hinter den digitalen Tiefpassfiltern dTP sind jeweils Frequenzkorrektur-Einheiten AFC angeordnet, welche eine automatische Frequenzkorrektur der gefilterten I- bzw. Q-Digitalsignale vornehmen. Durch die Frequenzkorrektur können beispielsweise temperatur- oder druckabhängige Frequenzdrifts des (nicht dargestellten) lokalen Oszillators der Empfangsschaltung kompensiert werden.

In den Signalwegen hinter den Frequenzkorrektur-Einheiten AFC können sich Signalaraten-Reduzierstufen DC befinden, die die Signalarate in dem I- und Q-Zweig auf beispielsweise  $2/T_C$  reduzieren. Die Auflösung der Datensignale kann an dieser Stelle 8 Bit betragen.

Die I- und Q-Datensignale mit reduzierter Signalarate werden einem RAKE-Empfängerabschnitt RAKE der betrachteten Mobilstation zugeführt. Der RAKE-Empfängerabschnitt RAKE ist in Fig. 2 von einer gestrichelten Linie begrenzt.

Der RAKE-Empfängerabschnitt RAKE umfaßt eine Mehrzahl von parallel liegenden RAKE-Fingern R1, R2, ..., RN. Das als solches bereits bekannte Grundprinzip eines RAKE-Empfängers besteht darin, daß jeder RAKE-Finger R1, R2, ..., RN genau einem Pfad (Übertragungskanal) P1, P2, ..., PN der Luftschnittstelle zugeordnet wird. Jeder RAKE-Finger R1, R2, ..., RN ist im dargestellten Beispiel zweikanalig (für den I- und Q-Zweig) ausgelegt, was durch Doppelpfeile in den Signalwegen angedeutet wird.

N ist die konstruktiv vorgegebene maximale Anzahl der mit dem RAKE-Empfängerabschnitt RAKE zu verarbeitenden Pfade P1, P2, ..., PN.

Grundsätzlich gilt, daß die Detektionsqualität eines RAKE-Empfängers um so höher ist, je mehr Pfade bei der Detektion berücksichtigt werden können, d. h. je größer N ist. Für in Mobilstationen MS eingesetzte RAKE-Empfänger ist allerdings die mit zunehmendem N anwachsende Leistungsaufnahme problematisch.

Jeder RAKE-Finger R1, R2, ..., RN umfaßt in dem hier dargestellten Beispiel eingangsseitig einen Schalter S1, S2, ..., SN, mittels welchem der entsprechende RAKE-Finger R1, R2, ..., RN in Abhängigkeit von einem Steuersignal ST1, ST2, ..., STN aktiviert bzw. deaktiviert werden kann. Im Signalweg hinter dem jeweiligen Schalter S1, S2, ..., SN befindet sich eine (zweikanalige) Zeitverzögerungsstufe TD1, TD2, ..., TDN bestehend z. B. aus einem Festwertspeicher mit wahlfreiem Zugriff RAM (random access memory) und einem diesem nachgeschalteten zeitvarianten Interpolator TVI (time variant interpolator). Jeder Zeitverzögerungsstufe TD1, TD2, ..., TDN ist ein (zweikanaliger) Korrelator (Multiplizierer) C nachgeschaltet.

Die I/Q-Ausgangs-Datensignale der RAKE-Finger R1, R2, ..., RN werden einer Zweikanal-MRC-(maximum rational combining)Einheit MRC zugeführt. Diese arbeitet ähnlich wie ein Addierer und kombiniert die I/Q-Ausgangs-Datensignale der RAKE-Finger zu einem I- und einem Q-Gesamt-Datensignal.

Die am Ausgang der Zweikanal-MRC-Einheit MRC bereitstehenden zwei Kanäle (I- und Q-Zweig) des RAKE-Gesamt-Datensignals werden in einer Kanalkombinationsstufe CC unter Berücksichtigung ihres Phasenversatzes zu einem einzigen RAKE-Gesamt-Datensignal kombiniert und von einem Demodulator DMOD demoduliert. Sofern senderseitig eine Verschachtelung durchgeführt wurde, wird das demodulierte RAKE-Gesamt-Datensignal in einem Entschachtler DIL entschachtelt. Anschließend wird in einem Kanaldecodierer KDCOD eine adaptive (d. h. an den Zustand des Gesamt-Übertragungskanals angepaßte) Detektion der gesendeten Datensymbole durchgeführt. Am Ausgang des Kanaldecodierers KDCOD stehen die rekonstruierten Versionen der gesendeten Datensymbole bereit.

Der CDMA-Funkempfänger umfaßt ferner einen CDMA-Code-Speicher CDMA-C-S und einen Verwüfelungscode-Speicher VC-S. Der CDMA-Code-Speicher CDMA-C-S ist zur Speicherung einer Mehrzahl von CDMA-Codes  $C_i$ ,  $i = 1, 2, \dots$  und der Verwüfelungscode-Speicher VC-S ist zur Speicherung einer Mehrzahl von Verwüfelungscodes  $V_i$ ,  $i = 1, 2, \dots$  vorgesehen.

Jeder CDMA-Code  $C_i$  ist eine Kennung für einen teilnehmerspezifischen Datenkanal (oder auch für andere Kanäle, z. B. einem Steuerkanal), und jeder Verwürfelungscode  $V_i$  ist eine Kennung für eine bestimmte Basisstation BS. Im Betrieb wird sowohl der dem Teilnehmer für das jeweilige Gespräch zugeordnete CDMA-Code  $C_i$  als auch der die mit der Mobilstation kommunizierende Basisstation BS bezeichnende Verwürfelungscode  $V$  den Korrelatoren C zugeführt.

- 5 Ferner umfaßt der CDMA-Funkempfänger eine Auswerte- und Steuerschaltung AS. Die Auswerte- und Steuerschaltung AS umfaßt eine Such- und Bewertungseinheit SB sowie eine RAKE-Finger-Auswahl- und -Deaktivierungseinrichtung DEAK.

Die Such- und Bewertungseinheit SB ist parallel zum RAKE-Empfängerabschnitt RAKE angeordnet, d. h. empfängt an ihren zwei Eingängen die I- und Q-Eingangsdatensignale des RAKE-Empfängerabschnitts RAKE. Sie weist beispielsweise fünf Ausgänge A1, A2, ..., A5 auf, an denen die folgenden Pfad-Bewertungsgrößen bereitgestellt werden.

- 10 An dem ersten Ausgang A1 werden die geschätzten Pfad-Verzögerungszeiten  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N$  von N (oder allgemein auch mehr als N) in der Such- und Berechnungseinheit SB aufgefundenen Pfaden ausgegeben.

An dem zweiten Ausgang A2 wird eine für die zeitliche Verteilung der geschätzten Pfad-Verzögerungszeiten  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N$  charakteristische Bewertungsgröße ausgegeben. Es kann sich dabei z. B. um die Varianz  $\sigma^2(\tau)$  oder um die (darüber hinaus von den Pfadenergien abhängige) sogenannte Verzögerungsspreizung S handeln.

- 15 An dem dritten Ausgang A3 werden für alle beispielsweise N aufgefundenen Pfade die jeweiligen geschätzten Pfadenergien  $E_1, E_2, \dots, E_N$  ausgegeben.

An dem vierten Ausgang A4 wird der Mittelwert  $\mu(E)$  aller beispielsweise N geschätzten Pfadenergien ausgegeben, und an dem fünften Ausgang A5 wird die Varianz  $\sigma^2(E)$  aller beispielsweise N geschätzten Pfadenergien ausgegeben.

- 20 Die an dem ersten Ausgang A1 bereitgestellten geschätzten Pfad-Verzögerungszeiten  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N$  bestehen in dem hier dargestellten Beispiel jeweils aus zwei Anteilen, d. h.  $\tau_i = \tau_i(G) + \tau_i(F)$ , wobei  $i = 1, 2, \dots, N$ . Der erste Anteil  $\tau_i(G)$  ist ein im Rahmen einer Grob-Bestimmung mit einer Genauigkeit schlechter als  $T_C$  erhaltener Wert für die jeweilige Pfad-Verzögerungszeit  $\tau_i$  und der zweite Anteil  $\tau_i(F)$  ist ein Korrekturwert kleiner  $T_C$ , welcher im Rahmen einer Fein-Bestimmung der jeweiligen Pfad-Verzögerungszeit  $\tau_i$  ermittelt wird.

25 Die Grob- und Fein-Bestimmung der Pfad-Verzögerungszeiten  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N$  wird in der Such- und Bewertungseinheit SB mittels zwei Korrelatoren (nicht dargestellt) durchgeführt. Für die Bestimmung der Grob-Anteile  $\tau_i(G)$  werden die I/Q-Eingangs-Datensignale mit einer im Empfänger bekannten Pilotsignalsequenz korreliert, die von der sendenden Basisstation BS in ständiger Wiederholung (am Anfang eines jeden Datenblocks) ausgesendet wird. Anschaulich gesprochen wird die der Such- und Bewertungseinheit SB bekannte gespreizte und verwürfelte Pilotsignalsequenz über eine zwischengespeicherte Datenfolge der I/Q-Eingangs-Datensignale "hinweggeschoben", das Auftreten einer Korrelation als das Auffinden eines Pfades interpretiert und die relative Lage der Pilotsignalsequenz zu der zwischengespeicherten Datenfolge bei Auftreten der Korrelation bezogen auf eine gemeinsame Zeitbasis als  $\tau_i(G)$  notiert.

Die Bestimmung des Fein-Anteils  $\tau_i(F)$  beruht auf der 2-fachen Überabtastung der erhaltenen I-/Q-Eingangs-Datensignale und wird in bekannter Weise durch einen sogenannten Früh-Spät-Korrelator durchgeführt.

- 35 Die Schätzungen der an dem dritten Ausgang A3 bereitgestellten Pfadenergien  $E_1, E_2, \dots, E_N$  der einzelnen Pfade werden in an sich bekannter Weise durch eine Selbstkorrelation der I/Q-Eingangs-Datensignale unter Berücksichtigung der ermittelten Pfad-Verzögerungszeiten  $\tau_i$  durchgeführt.

Die an den restlichen Ausgängen A2, A4 und A5 bereitgestellten Pfad-Bewertungsgrößen gehen durch Berechnung aus den vorstehend erläuterten Pfad-Bewertungsgrößen (Ausgänge A1 und A3) hervor.

- 40 Die an den Ausgängen A1, A2, ..., A5 der Such- und Bewertungseinheit SB bereitgestellten Pfad-Bewertungsgrößen werden der RAKE-Finger-Auswahl- und -Deaktivierungseinrichtung DEAK zugeführt. Diese erzeugt auf der Basis dieser Bewertungsgrößen die Steuersignale  $ST_1, ST_2, \dots, ST_N$  zur Aktivierung/Deaktivierung der einzelnen RAKE-Finger  $R_1, R_2, \dots, R_N$  mittels der Schalter  $S_1, S_2, \dots, S_N$ .

Die die Pfad-Verzögerungszeiten  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N$  betreffenden Bewertungsgrößen am Ausgang A1 der Such- und Bewertungseinheit SB werden ferner den Zeitverzögerungsstufen  $TD_1, TD_2, \dots, TD_N$  der einzelnen RAKE-Finger  $R_1, R_2, \dots, R_N$  zugeleitet. Die Grob-Anteile  $\tau_i(G)$  sind in Form von Auslese-Anweisungen für die Festwertspeicher RAM realisiert. Diese Auslese-Anweisungen geben jeweils (unterschiedliche) Speicherbereiche an, die in den einzelnen Festwertspeichern RAM simultan ausgelesen werden sollen. An den Ausgängen der Festwertspeicher RAM stehen daher die über die einzelnen Pfade  $P_1, P_2, \dots, P_N$  der Luftschnittstelle übertragenen Datensignal-Komponenten (in 2-facher Chiprate) mit einer zeitlichen Genauigkeit von maximal  $T_C$  zeitrichtig zur Verfügung. Mit anderen Worten führt die Such- und Bewertungseinheit SB über die Grob-Anteile  $\tau_1(G), \tau_2(G), \dots, \tau_N(G)$  in Verbindung mit den Festwertspeichern RAM eine Grob-Synchronisation der RAKE-Finger  $R_1, R_2, \dots, R_N$  durch.

- Die Fein-Synchronisation der RAKE-Finger  $R_1, R_2, \dots, R_N$  wird durch die Interpolatoren TVI bewerkstelligt. Beispielsweise können die Interpolatoren TVI als Lagrange-Interpolatoren ausgeführt sein. Jeder Interpolator TVI nimmt den für ihn bestimmten Fein-Anteil  $\tau_i(F)$  der Pfad-Verzögerungszeit  $\tau_i$  entgegen und führt durch Stützstellen-Interpolation (beispielsweise der bekannten Lagrange-Interpolation) eine Neuberechnung der Datenwerte bezüglich interpolierten Stützstellen (Abtastzeitpunkten) durch. Im Signalweg hinter den Interpolatoren TVI sind die RAKE-Finger  $R_1, R_2, \dots, R_N$  mit einer zeitlichen Genauigkeit  $\ll T_C$  synchronisiert.

Die geschätzten Pfadenergien  $E_1, E_2, \dots, E_N$  (Ausgang A3) werden ferner einer (optionalen) Gewichtungseinheit GW zugeführt. Diese berechnet für jeden Pfad einen Gewichtungsfaktor  $g_1, g_2, \dots, g_N$ , der mit zunehmender Pfadenergie ebenfalls zunimmt. Jeder Gewichtungsfaktor  $g_1, g_2, \dots, g_N$  wird dem Korrelator C in dem zugehörigen RAKE-Finger  $R_1, R_2, \dots, R_N$  mitgeteilt und bewirkt, daß "energiereiche" Pfade (sofern sie aktiviert sind) im RAKE-Empfängerabschnitt RAKE stärker als energieschwache Pfade berücksichtigt werden.

- 65 Nach einer ersten Ausführungsform der Erfindung nimmt die RAKE-Finger-Auswahl- und -Deaktivierungseinrichtung DEAK lediglich die an dem Ausgang A3 bereitgestellten Pfad-Bewertungsgrößen  $E_1, E_2, \dots, E_N$  entgegen. Aus den N (oder auch mehr als N) aufgefundenen Pfaden werden diejenigen ausgewählt, deren Pfadenergie  $E_1$  die Ungleichung

$E_i > E_s$

erfüllen. Es ist ein vorgesehener Schwellenwert für eine minimale Pfadenergie.

Im folgenden wird anhand Fig. 3 die Arbeitsweise der RAKE-Finger-Auswahl- und -Deaktivierungseinrichtung DEAK gemäß einer ersten Variante der zweiten Ausführungsform der Erfindung erläutert. Bei dieser Variante nimmt die RAKE-Finger-Auswahl- und -Deaktivierungseinrichtung DEAK die an den Ausgängen A3, A4 und A5 der Such- und Bewertungseinheit SB bereitgestellten Pfad- und Bewertungsgrößen entgegen. Aus den z. B.  $N = 8$  aufgefundenen Pfaden P1, P2, ..., P8 werden diejenigen ausgewählt, deren Pfadenergien  $E_i$  die Ungleichung

$$E_i > \mu(E) - \sigma(E)$$

erfüllen. In dem in Fig. 3 dargestellten Beispiel werden die Pfade  $i = 1, 2, 6, 8$ , deren geschätzte Pfadenergien im schraffierten Gebiet liegen, ausgewählt, während die Pfade  $i = 3, 4, 5, 7$  verworfen werden. Die Steuersignale ST1, ST2, ST6, ST8 werden von der RAKE-Finger-Auswahl- und -Deaktivierungseinrichtung DEAK so eingestellt, daß die entsprechenden Schalter S1, S2, S6, S8 geschlossen sind. Andererseits wird über die Steuersignale ST3, ST4, ST5, ST8 eine Öffnung der Schalter S3, S4, S5, S7 bewirkt, d. h. die entsprechenden RAKE-Finger R3, R4, R5 und R7 werden deaktiviert. Die beschriebene Vorgehensweise gewährleistet, daß nur die energiereichsten Pfade für die Datenauswertung im RAKE-Empfängerabschnitt RAKE herangezogen werden.

Die Verteilung der geschätzten Pfadenergien bezüglich der 8 Pfade ist im rechten Teil der Fig. 3 veranschaulicht.

Eine zweite Variante der zweiten Ausführungsform wird anhand der Fig. 4 erläutert. Bei dieser Variante werden der RAKE-Finger-Auswahl- und -Deaktivierungseinrichtung DEAK die an den Ausgängen A1, A2 und A3 der Such- und Bewertungseinheit SB bereitgestellten Pfad-Bewertungsgrößen mitgeteilt.

Die RAKE-Finger-Auswahl- und Deaktivierungseinrichtung DEAK ermittelt zunächst denjenigen Pfad  $P_m$  mit maximaler Pfadenergie unter den aufgefundenen Pfaden. Die maximale Pfadenergie ist somit  $E_m$ .

Die geschätzte Pfad-Verzögerungszeit des Pfades  $P_m$  mit maximaler Pfadenergie  $E_m$  ist  $\tau_m$ . Für die Signalverarbeitung im RAKE-Empfängerabschnitt RAKE werden nun neben dem Pfad  $P_m$  ausschließlich diejenigen Pfade  $P_i$  herangezogen, die die Bedingung

$$\sigma(\tau) > |\tau_m - \tau|$$

erfüllen.

Eine zweite Möglichkeit besteht z. B. darin, nur diejenigen Pfade  $P_i$  auszuwählen, für die die Bedingung

$$S > |\tau_m - \tau|$$

erfüllt ist.

Fig. 4 dient zur Veranschaulichung der zweiten Möglichkeit. In dem Diagramm ist das kontinuierliche Verzögerungs-Leistungsspektrum  $\rho(\tau)$  des Mobilfunkkanals über der Pfad-Verzögerungszeit  $\tau$  aufgetragen. Die Definition der Verzögerungsspreizung  $S$  ergibt sich aus diesem Spektrum nach

$$S = 2\sqrt{\mu_2}$$

mit

$$\mu_2 = \frac{1}{P} \int_{-\infty}^{+\infty} \tau^2 \cdot \rho(\tau) d\tau - \left[ \frac{1}{P} \int_{-\infty}^{+\infty} \tau \cdot \rho(\tau) d\tau \right]^2$$

$$P = \int_{-\infty}^{+\infty} \rho(\tau) d\tau$$

( $\mu_2$  wird auch als das zweite Zentralmoment des Verzögerungsleistungsspektrums  $\rho(\tau)$  bezeichnet,  $P$  bezeichnet die Gesamtleistung).

Da im Empfänger keine kontinuierlichen Leistungssignale, sondern lediglich diskrete Energiewerte zur Verfügung stehen, wird  $S$  in der Such- und Bewertungseinheit SB auf der Basis dieser diskreten Energiewerte geschätzt.

Basierend auf der geschätzten Verzögerungsspreizung  $S$  (am Ausgang A2 der SB) werden dann die Pfade mit in dem schraffierten Bereich liegenden Pfad-Verzögerungszeiten ausgewählt, während restliche Pfade nur mit verminderter RAKE-Finger-Taktrate oder gar nicht für die Signalauswertung herangezogen werden.

Es wird darauf hingewiesen, daß es neben den beispielhaft genannten Auswahlkriterien eine Vielzahl weiterer sinnvoller energetischer und/oder zeitlicher Auswahlkriterien gibt, die ebenfalls das erfindungsgemäße Prinzip verwirklichen.

Bei der vorstehend erläuterten Empfängerschaltung wurde die Leistungseinsparung in den nicht ausgewählten RAKE-Fingern durch eine vollständige Abschaltung derselben realisiert. Ist stattdessen eine Taktratenverminderung in diesen RAKE-Fingern vorgesehen, kann dies dadurch erreicht werden, daß anstelle der RAKE-Finger-Auswahl- und -Deaktivierungseinrichtung DEAK eine RAKE-Finger-Auswahl- und -Taktratenreduziereinrichtung vorgesehen ist. Die Schalter S1, S2, ..., SN in den jeweiligen RAKE-Fingern R1, R2, ..., RN werden in diesem Fall durch Dezimatoren ersetzt, die eine gezielt einstellbare Signalratenverkleinerung in dem jeweils zugeordneten RAKE-Finger herbeiführen.

Sämtlichen Ausführungsformen und -varianten der Erfindung ist gemeinsam, daß durch die situativ erfolgende Leistungsrosselung oder Abschaltung einzelner RAKE-Finger R1, R2, ..., RN eine Stromersparnis bewirkt wird, die eine

längere Betriebsdauer oder Standzeit der aufladbaren Batterien der Mobilstation MS bezüglich eines Ladezyklus ermöglicht.

# Patentansprüche

5

1. Einrichtung zur Verarbeitung eines über zeitvariante Pfade einer Luftschnittstelle übertragenen digitalen Datensignals in einem Mobilfunkempfänger (MS), die
  - einen RAKE-Empfängerabschnitt (RAKE) mit einer Anzahl von N RAKE-Fingern ( $R_1, R_2, \dots, R_N$ ), und
  - eine Pfad-Such- und Bewertungseinrichtung (SB) zum Auffinden von den einzelnen RAKE-Fingern ( $R_1, R_2, \dots, R_N$ ) zuzuordnenden Pfaden ( $P_1, P_2, \dots, P_N$ ) der Luftschnittstelle und zur Schätzung einer oder mehrerer Bewertungsgrößen bezüglich jedes aufgefundenen Pfades ( $P_1, P_2, \dots, P_N$ ) aufweist,

10

## gekennzeichnet durch

- eine RAKE-Finger-Auswahl- und -Leistungsverbrauch-Verminderungseinrichtung (DEAK), die ausgelegt ist, unter Berücksichtigung der einen oder mehreren geschätzten Pfad-Bewertungsgrößen einen oder mehrere RAKE-Finger ( $R_1, R_2, \dots, R_N$ ) auszuwählen, und eine Verminderung des Leistungsverbrauchs in dem oder den ausgewählten RAKE-Finger vorzunehmen.

15

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

- die Verminderung des Leistungsverbrauchs durch eine Abschaltung des ausgewählten RAKE-Fingers erzielt wird.

20

3. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

- die Verminderung des Leistungsverbrauchs durch eine Reduzierung der Taktrate des ausgewählten RAKE-Fingers erzielt wird.

4. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- daß die von der RAKE-Finger-Auswahl- und -Leistungsverbrauch-Verminderungseinrichtung (DEAK) zu treffende Entscheidung, ob ein bestimmter RAKE-Finger ( $R_1, R_2, \dots, R_N$ ) ausgewählt wird oder nicht, unter alleiniger Berücksichtigung der diesem Finger zugeordneten Pfad-Bewertungsgröße oder -größen getroffen wird.

25

5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,

- daß die von der RAKE-Finger-Auswahl- und -Leistungsverbrauch-Verminderungseinrichtung (DEAK) zu treffende Entscheidung, ob ein bestimmter RAKE-Finger ( $R_1, R_2, \dots, R_N$ ) ausgewählt wird oder nicht, unter Berücksichtigung der diesem Finger und weiteren Fingern zugeordneten Pfad-Bewertungsgröße oder -größen getroffen wird.

30

6. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,

- daß die RAKE-Finger-Auswahl- und -Leistungsverbrauch-Verminderungseinrichtung (DEAK) einen RAKE-Finger ( $R_1, R_2, \dots, R_N$ ) ausgewählt, wenn die geschätzte Pfadenergie des diesem RAKE-Finger zugeordneten Pfades kleiner ist als ein Schwellenwert, der eine Funktion des Mittelwertes ( $\mu(E)$ ) der geschätzten Pfadenergien ( $E_1, E_2, \dots, E_N$ ) und der Varianz ( $\sigma^2(E)$ ) der geschätzten Pfadenergien ist.

35

7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,

- daß die RAKE-Finger-Auswahl- und -Leistungsverbrauch-Verminderungseinrichtung (DEAK) einen RAKE-Finger ( $R_1, R_2, \dots, R_N$ ) auswählt, wenn die geschätzte Pfad-Verzögerungszeit ( $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N$ ) des diesem RAKE-Finger ( $R_1, R_2, \dots, R_N$ ) zugeordneten Pfades ( $P_1, P_2, \dots, P_N$ ) innerhalb eines die Pfad-Verzögerungszeit ( $\tau_m$ ) desjenigen (Pm) der bewerteten Pfade mit der größten geschätzten Pfadenergie ( $E_m$ ) enthaltenden Zeitintervalls liegt, wobei die Intervallgrenzen des Zeitintervalls abhängig von der zeitlichen Verteilung der geschätzten Pfad-Verzögerungszeiten ( $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N$ ) sind.

40

8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet,

- daß die Intervallgrenzen des Zeitintervalls zusätzlich zu ihrer Abhängigkeit von der zeitlichen Verteilung der geschätzten Pfad-Verzögerungszeiten ( $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N$ ) auch abhängig von den zu den jeweiligen Pfad-Verzögerungszeiten geschätzten Pfadenergien ( $E_1, E_2, \dots, E_N$ ) sind.

45

9. Verfahren zur Verarbeitung eines über zeitvariante Pfade einer Luftschnittstelle übertragenen digitalen Datensignals in einem einen RAKE-Empfängerabschnitt (RAKE) mit einer Anzahl von N RAKE-Fingern ( $R_1, R_2, \dots, R_N$ ) umfassenden Mobilfunkempfänger (MS), wobei

50

- mittels einer Pfad-Such- und Bewertungseinrichtung (SB) wiederholt den RAKE-Fingern ( $R_1, R_2, \dots, R_N$ ) zuzuordnende Pfade ( $P_1, P_2, \dots, P_N$ ) der Luftschnittstelle aufgefunden und eine Schätzung einer oder mehrerer Bewertungsgrößen bezüglich jedes aufgefundenen Pfades ( $P_1, P_2, \dots, P_N$ ) vorgenommen wird,

55

dadurch gekennzeichnet, daß

- mittels einer RAKE-Finger-Auswahl- und -Leistungsverbrauch-Verminderungseinrichtung (DEAK) unter Berücksichtigung der einen oder mehreren geschätzten Pfad-Bewertungsgrößen eine Auswahl von einem oder mehreren RAKE-Fingern ( $R_1, R_2, \dots, R_N$ ) und eine Verminderung des Leistungsverbrauchs des oder der ausgewählten RAKE-Finger vorgenommen wird.

60

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet,

- daß die von der RAKE-Finger-Auswahl- und -Leistungsverbrauch-Verminderungseinrichtung (DEAK) zu treffende Entscheidung, ob ein bestimmter RAKE-Finger ( $R_1, R_2, \dots, R_N$ ) ausgewählt wird oder nicht, unter alleiniger Berücksichtigung der diesem Finger zugeordneten Pfad-Bewertungsgröße oder -größen getroffen wird.

65

11. Einrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet,

- daß die von der RAKE-Finger-Auswahl- und -Leistungsverbrauch-Verminderungseinrichtung (DEAK) zu treffende Entscheidung, ob ein bestimmter RAKE-Finger ( $R_1, R_2, \dots, R_N$ ) ausgewählt wird oder nicht, unter Berücksichtigung der diesem Finger und weiteren Fingern zugeordneten Pfad-Bewertungsgröße oder -größen und getrof-

fen wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet,
  - daß mittels der RAKE-Finger-Auswahl- und -Leistungsverbrauch-Verminderungseinrichtung (DEAK) ein RAKE-Finger ( $R_1, R_2, \dots, R_N$ ) ausgewählt wird, wenn die geschätzte Pfadenergie ( $E_1, E_2, \dots, E_N$ ) des diesem RAKE-Finger ( $R_1, R_2, \dots, R_N$ ) zugeordneten Pfades ( $P_1, P_2, \dots, P_N$ ) kleiner ist als ein Schwellenwert, der eine Funktion des Mittelwertes ( $\mu(E)$ ) aller  $N$  geschätzten Pfadenergien ( $E_1, E_2, \dots, E_N$ ) und der Varianz ( $\sigma^2(E)$ ) aller  $N$  geschätzten Pfadenergien ist. 5
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet,
  - daß mittels der RAKE-Finger-Auswahl- und -Leistungsverbrauch-Verminderungseinrichtung (DEAK) ein RAKE-Finger ( $R_1, R_2, \dots, R_N$ ) ausgewählt wird, wenn die geschätzte Pfad-Verzögerungszeit ( $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N$ ) des diesem RAKE-Finger ( $R_1, R_2, \dots, R_N$ ) zugeordneten Pfades ( $P_1, P_2, \dots, P_N$ ) innerhalb eines die Pfad-Verzögerungszeit ( $\tau_m$ ) desjenigen ( $P_m$ ) der bewerteten Pfade mit der größten geschätzten Pfadenergie ( $E_m$ ) enthaltenden Zeitintervalls liegt, wobei die Intervallgrenzen des Zeitintervalls abhängig von der zeitlichen Verteilung der geschätzten Pfad-Verzögerungszeiten ( $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N$ ) sind. 10
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet,
  - daß die Intervallgrenzen des Zeitintervalls zusätzlich zu ihrer Abhängigkeit von der zeitlichen Verteilung der geschätzten Pfad-Verzögerungszeiten ( $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N$ ) auch abhängig von den zu den jeweiligen Pfad-Verzögerungszeiten geschätzten Pfadenergien ( $E_1, E_2, \dots, E_N$ ) sind. 15
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet,
  - daß die Verminderung des Leistungsverbrauchs eines ausgewählten RAKE-Fingers durch eine Reduzierung der Taktrate für den entsprechenden Finger erreicht wird. 20
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet,
  - daß die Verminderung des Leistungsverbrauchs eines ausgewählten RAKE-Fingers durch eine Abschaltung des Fingers erreicht wird. 25

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

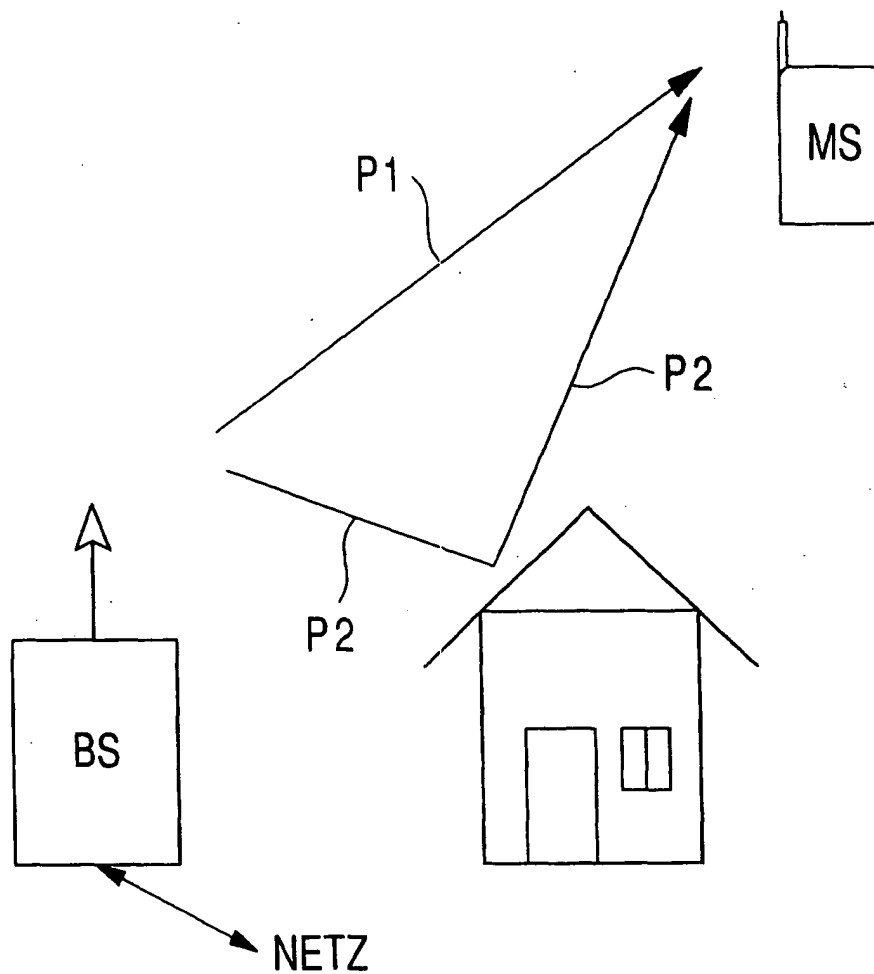


Fig. 1



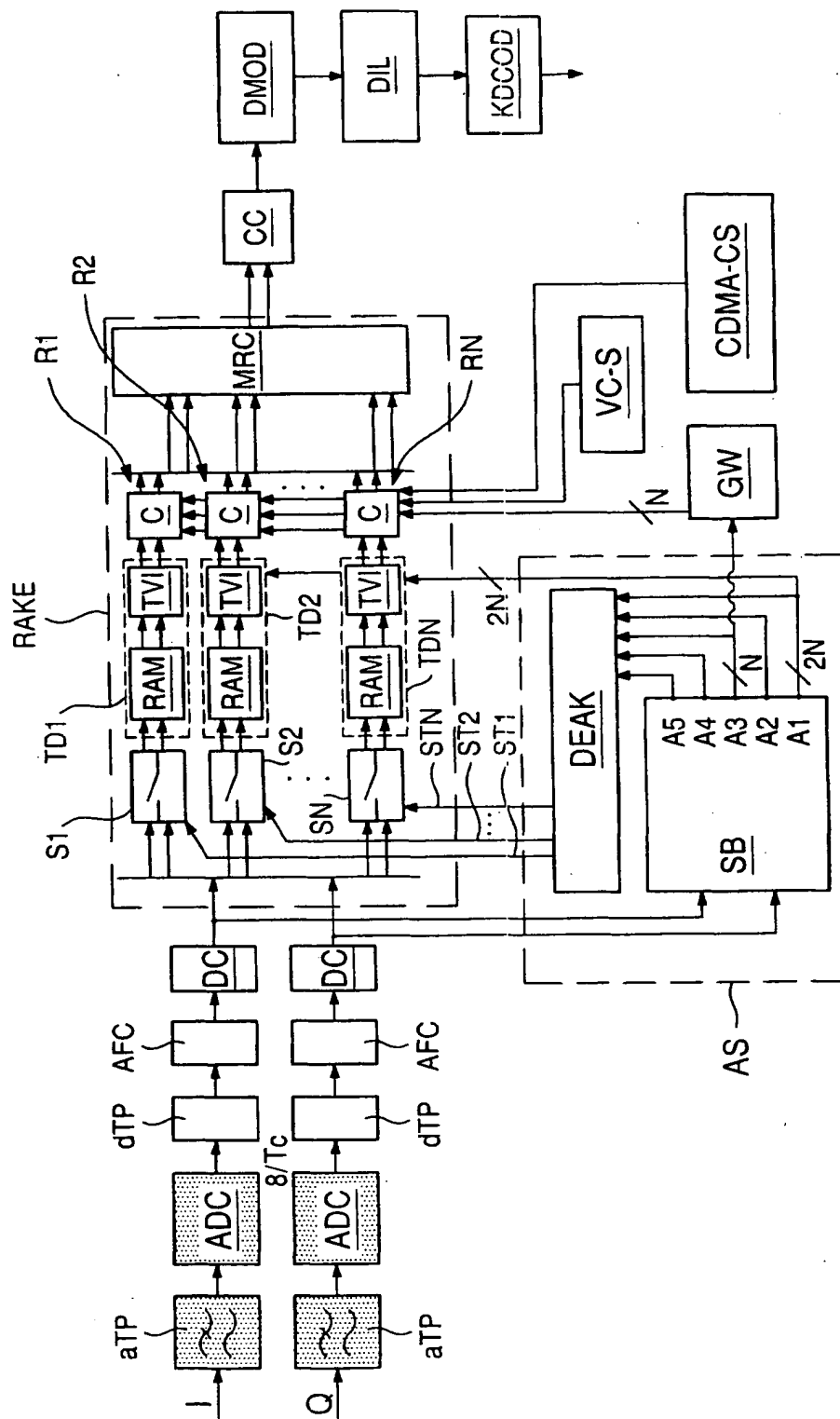


Fig. 2

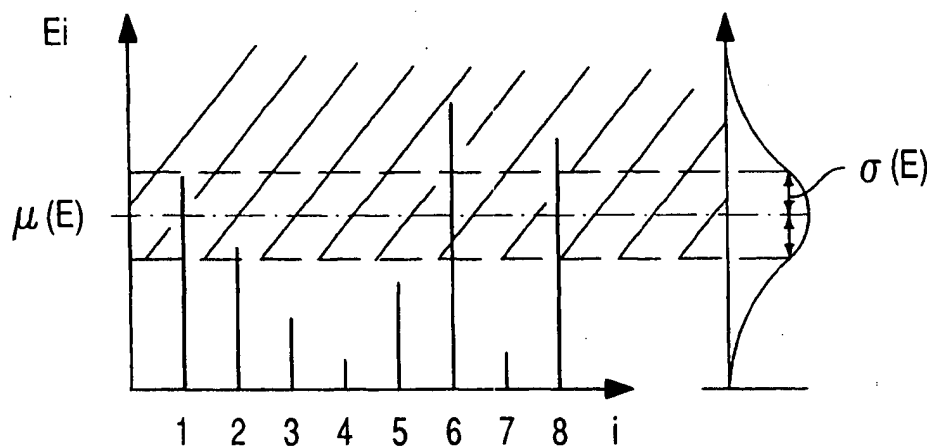


Fig. 3

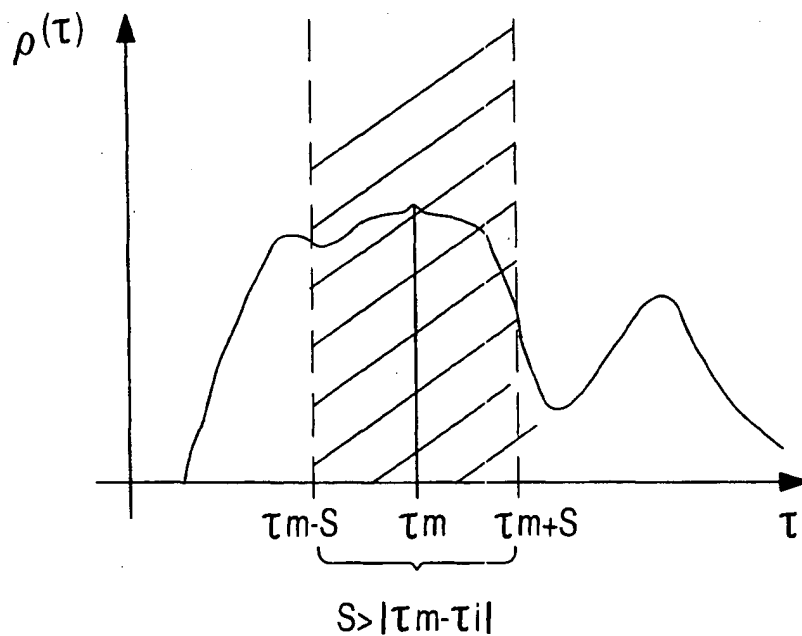


Fig. 4

**Mobile radi teleph n rec iver**

Patent Number: US2001036222  
Publication date: 2001-11-01  
Inventor(s): DOETSCH MARKUS (CH); SCHNEIDER MICHAEL (DE); SCHMIDT PETER (DE); JUNG PETER (DE); KELLA TIDEYA (DE); PLECHINGER JORG (DE)  
Applicant(s):  
Requested Patent: DE10012875  
Application Number: US20010809788 20010316  
Priority Number (s): DE20001012875 20000316  
IPC Classification: H04K1/00; H04B15/00  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

A data processing device in a mobile radio telephone receiver contains a RAKE receiver portion with RAKE fingers and a path search and evaluation device for detecting paths of the air interface which must be allocated to the individual RAKE fingers and for estimating one or more parameters with respect to each detected path. A finger selection and power consumption reduction device performs a clock rate reduction or disconnects individual RAKE fingers in consideration of the path parameters

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Docket # L&L-10028

Applic. # \_\_\_\_\_

Applicant: PETER JUNG ET AL.

Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480

Hollywood, FL 33022-2480

Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101